

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**10/526734**

REC'D 10 DEC 2003	
WIPO	PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 41 465.3

Anmeldetag: 06. September 2002

Anmelder/Inhaber: Federal-Mogul Wiesbaden GmbH & Co KG,
Wiesbaden/DE

Bezeichnung: Kolbenbolzenbuchse

IPC: F 16 C, F 02 B, B 24 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 02. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Ebert

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

~~02.09.03~~



F 1785
04. Sep. 2002
AEW/ NAS

Federal-Mogul
Wiesbaden GmbH & Co.KG
Stielstraße 11
65201 Wiesbaden
Deutschland

o

Kolbenbolzenbuchse

Kolbenbolzenbuchse

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Kolbenbolzenbuchse. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Kolbenbolzenbuchse.

Kolbenbolzenbuchsen sind Buchsen, die im kleinen Pleuelauge von Pleuelstangen für Verbrennungsmotoren vorgesehen sind. Bei hochbelasteten Motoren ist das Problem aufgetreten, dass die Buchse insbesondere im mittleren Bereich (bezogen auf die Radialachse der Buchse) beim Einlaufen des Motors zum Einfressen neigt.

Kolbenbuchsen können massiv aus einem Werkstoff sein oder eine Träger- und eine Gleitschicht aufweisen. Wenn im folgenden von Gleitschicht die Rede ist, wird damit auch der an der Innenfläche liegende Werkstoffabschnitt eine Massivkolbenbolzenbuchse gemeint.

In der Vergangenheit konzentrierte man sich eher auf das Problem der Krafteinlenkung und Spannungsverteilung im Bereich Kolben-Pleuel-Verbindung.

In der DE 30 36 062 C2 wird versucht, die Spannungsspitzen im oberen Bereich der Bolzennarben zu vermeiden, indem die Kante der Kolbenbolzenbohrung verrundet wird bzw. die Kolbenbolzenbohrung aufgeweitet wird.

Gemäß der DE 41 33 586 A1 werden örtliche Überlastungen der Kolbenlagerbuchse verhindert, indem die an die Stirnseiten angrenzenden Endbereiche der Pleuelstangenbohrung, d.h. des kleinen Pleuelauges nachgiebig gestaltet werden. Dazu werden entweder Entlastungsnuten eingearbeitet oder die Wanddicke minimiert.

In der DE 198 28 847 A1 wird eine ausreichende Lebensdauer der Kolbenbolzenbuchse bei höheren Betriebskräften dadurch erreicht, dass im Übergangsbereich zwischen den Scheitellinien der Buchse Materialverringerungen, insbesondere Durchbrechungen vorgesehen werden. Dadurch wird der Radialdruck auf den Bereich der Buchsenenden verlagert.

Gemäß der DE 100 29 950 A1 werden die Druckspitzen am äußeren Rand des Pleuelauges, die durch das Verbiegen des Bolzens bei Belastung hervorgerufen werden, dadurch aufgefangen, dass das Pleuelauge als Formbohrung gestaltet ist, die von der zylindrischen Form abweicht und zwar derart, dass sie der Verformung des Kolbenbolzens folgt. Die Verwendung einer Buchse soll dadurch überflüssig werden. Auch Entlastungsnuten, die aufwendig zu fertigen sind und daher teuer sind und die außerdem zu Ölverlust führen, werden überflüssig.

Auf eine Buchse zu verzichten hat aber auch Nachteile: Einerseits kann nur durch Einsatz einer Buchse eine optimale Reibpaarung zwischen Pleuel und Kolbenbolzen erreicht werden. Andererseits tragen die Buchsen auch dazu bei, die Fluchtung mit dem großen Pleuelauge auszurichten, in dem die Buchsen nach dem Einbau nachbearbeitet werden.

In der EP 0 716 240 B1 geht es darum, den Fresswiderstand eines Gleitlagers zu erhöhen. Dies wird dort durch eine definierte Oberflächenstruktur erreicht, die sich von der Lagerlegierungsschicht über die

Zwischenschicht bis in die Deckschicht fortsetzt. Diese Berg-Tal-Struktur mit bestimmten Bedingungen an die Berghöhe, die Zwischenschichtdicke und die Deckschichtdecke hat den Effekt, dass auch nach einem gewissen Abrieb Anteile der Deck- und Zwischenschicht zur Gleitoberfläche gehören und damit als Schmiermittel zur Verfügung stehen.

Gleitlager unterscheiden sich aber prinzipiell hinsichtlich Beanspruchungsart und Schmierungsbedingungen von Buchsen. Die Gleitlager sind druckölgeschmiert und aufgrund der großen Relativgeschwindigkeiten zwischen Welle und Lager bildet sich meist ein hydrodynamischer Schmierfilm aus. Im kleinen Pleuelauge hingegen kommt es zwischen Kolbenbolzen und Kolbenbolzenbuchse meist nur zu kleinen, oszillierenden Relativbewegungen, d.h. es kommt weitaus häufiger zu Mischreibungsbedingungen und dadurch zu Festkörperkontakt. Daher lassen sich die Erkenntnisse aus der EP 0 716 240 B1 nicht unmittelbar auf Buchsen, insbesondere Kolbenbolzenbuchsen übertragen.

Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe darin, eine Kolbenbolzenbuchse, die auch in hochbelasteten Motoren beim Einlaufen des Motors nicht zum Einfressen neigt, und ferner eine geeignetes Herstellungsverfahren bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird durch eine Kolbenbolzenbuchse gelöst, deren Gleitschichtoberfläche zumindest im Hauptlastbereich, gemessen über den Buchsenquerschnitt in axialer Richtung, folgende Parameterwerte aufweist:

- in einer Tiefe von maximal 1,800 μm beträgt der Traganteil minimal 99,0%;
- die Tiefe des Rauigkeitskernprofils beträgt maximal 0,30 μm ;

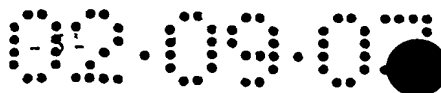
- der Materialanteil M_{r1} des Rauigkeitskernprofils beträgt maximal 8%.

Außerdem wird die Aufgabe dadurch gelöst, dass die Gleitschicht der Kolbenbolzenbuchse durch ein Oberflächenbearbeitungsverfahren endbearbeitet wird.

Bei der Entwicklung der erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchse hat sich erstaunlicherweise herausgestellt, dass dem Problem nicht alleine durch eine Optimierung des Lagerwerkstoffes bezüglich Zusammensetzung, Aufbau und Gefügestruktur beizukommen ist, sondern eine spezifisch gestaltete Oberflächentopographie zum Ziel führt. Stellt man Kolbenbolzenbuchsen mit der erfindungsgemäß definierten Oberflächenstruktur zur Verfügung, kann ein Fressen während der Einlaufphase wirkungsvoll verhindert werden.

Der Traganteil in einer gewissen Schnittiefe lässt sich dadurch feststellen, dass z. Bsp. im Rahmen der Messung eines Rauigkeitsprofils Schichten im Zehntel- μm -Bereich sukzessive abgetastet werden und nach jedem Tastschritt festgestellt wird, wie hoch der Anteil an Vollmaterial an der Gesamtoberfläche ist. Einen Traganteil von 100 % erhält man unterhalb des tiefsten Tals des Rauigkeitsprofils. Es hat sich herausgestellt, daß ein Fressen während der Einlaufphase verhindert wird, wenn schon in geringer Schnittiefe der Traganteil möglichst hoch ist.

Ein weiterer Parameter zur Bestimmung der Güte der Gleitflächentopologie der Kolbenbolzenbuchse ist die Tiefe des Rauigkeitsprofils, der sogenannte R_k -Wert. Trägt man die Schnittiefe gegen den Materialanteil (auch Traganteil genannt) auf, hat man in der Regel einen Kurvenverlauf, der zwischen einem steilen Abfall bei kleinen Traganteilen und einem steilen Abfall bei hohen Traganteilen einen breiten, flachen Abschnitt aufweist. Die genaue Bestimmung des R_k -Wertes ist in EN ISO



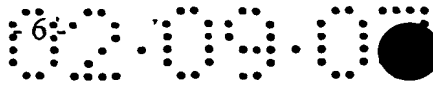
13565-2 beschrieben. Sehr gute Ergebnisse bezüglich des fressfreien Einlaufens erreicht man bei den erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchsen, wenn der R_k -Wert der Gleitschicht im Hauptlastbereich maximal $0,30\text{ }\mu\text{m}$ beträgt.

Auch die Bestimmung des Materialanteils Mr_1 des Rauigkeitskernprofils, der in Prozent angegeben wird und durch die Schnittlinie bestimmt ist, die die herausragenden Spitzen von dem Rauigkeitskernprofil abtrennt, ist in EN ISO 13565-2 definiert. Mr_1 sollte maximal 8% betragen. Vorzugsweise sollte Mr_1 maximal 7% betragen.

Besonders bevorzugt sind Kolbenbolzenbuchsen, deren Gleitschichtoberfläche im Hauptlastbereich in einer Schnitttiefe von maximal $0,900\text{ }\mu\text{m}$ einen Traganteil von minimal 99,0 % aufweisen. Dabei hat es sich von Vorteil erwiesen, wenn der R_k -Wert der Gleitschicht im Hauptlastbereich maximal $0,15\text{ }\mu\text{m}$ beträgt.

Die erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchsen können zusätzlich durch die Halbwertsbreite der Häufigkeitsverteilung des Rauigkeitsprofils charakterisiert werden. Dazu wird die Häufigkeit von Bergen und Tälern der Gleitschichtoberfläche in Abhängigkeit von deren Höhenunterschied aufgetragen. Vorzugsweise beträgt die Breite der Verteilung bei halbem Maximum höchstens $0,20\text{ }\mu\text{m}$, besonders bevorzugt sind höchstens $0,10\text{ }\mu\text{m}$.

Erfindungsgemäß wird die Oberflächencharakteristik der zuvor beschriebenen Kolbenbolzenbuchsen dadurch hergestellt, dass sie durch Oberflächenbearbeitungsverfahren wie z.B. Hohnen, Reiben, Schleifen, Läppen, Kalibrieren, Polieren, Räumen, Feindreihen oder Erodieren auf das geforderte Oberflächenprofil endbearbeitet werden. Als besonders vorteilhaft hat sich das Plateauhohnen erwiesen, bei dem in mehreren Stufen die Oberfläche besonders eben gestaltet werden kann.



In einer bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Kolbenbolzenbuchse eine Gleitschicht auf, die zumindest zuäußerst aus einer bleifreien Kupferlegierung besteht. Besonders bevorzugt sind die Systeme CuAl (Aluminiumbronze), CuZn (Messing) oder CuSnZn (Rotguß).

Die besonderen Vorteile der Gleitschichtoberfläche der erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchse hinsichtlich ihres Widerstandes gegen Einlauffressen können sowohl mit heterogen aufgebauten Gefügestrukturen als auch mit homogen aufgebauten Gefügestrukturen erreicht werden. Dies ist besonders wichtig, wenn bei den Lagerwerkstoffen aus Umwelt- bzw. Fertigungsgründen auf das Legierungselement Blei verzichtet werden muß. Durch die spezielle Oberflächenstruktur können die fehlenden besonderen tribologischen Eigenschaften des Bleis zumindest kompensiert werden, d.h. auch ohne Blei als Legierungselement kommt es im Anwendungsfall zu keinem Einlauffressen.

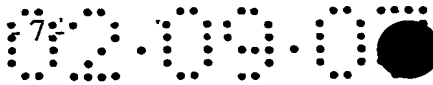
Die Erfindung soll anhand der folgenden Diagramme und Abbildungen näher erklärt werden. Dazu zeigen:

Figur 1a das Rauigkeitsprofil einer ersten Kolbenbolzenbuchse,

Figur 1b den Materialanteil bei verschiedenen Schnitttiefen einer ersten Kolbenbolzenbuchse,

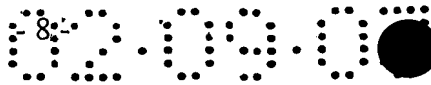
Figur 1c die Häufigkeitsverteilung der Rauigkeiten einer ersten Kolbenbolzenbuchse,

Figur 2a das Rauigkeitsprofil einer zweiten Kolbenbolzenbuchse,



- Figur 2b den Materialanteil bei verschiedenen Schnitttiefen einer zweiten Kolbenbolzenbuchse,
- Figur 2c die Häufigkeitsverteilung der Rauigkeiten einer zweiten Kolbenbolzenbuchse,
- Figur 3a das Rauigkeitsprofil einer herkömmlichen Kolbenbolzenbuchse,
- Figur 3b den Materialanteil bei verschiedenen Schnitttiefen einer herkömmlichen Kolbenbolzenbuchse,
- Figur 3c die Häufigkeitsverteilung der Rauigkeiten einer herkömmlichen Kolbenbolzenbuchse,
- Figur 4a eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme der Gleitschichtoberfläche einer erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchse und
- Figur 4b eine Rasterelektronenmikroskopaufnahme der Gleitschichtoberfläche einer herkömmlichen Kolbenbolzenbuchse.

In Figur 1a ist das Rauigkeitsprofil einer ersten Kolbenbolzenbuchse dargestellt. Die Gleitfläche dieser ersten Kolbenbolzenbuchse wurde einer mechanischen Oberflächenglättung unterzogen. Die gesamte Taststrecke betrug 4,80 mm, die Gesamthöhe des Profils R_t (EN ISO 4287), liegt bei ca. 2 μm . Die Oberfläche der Gleitschicht wurde sukzessive in 0,150 μm Schnitttiefenschritten ausgemessen. Bei jeder Schnitttiefe wurde der Traganteil bestimmt. Außerdem wurden die Werte R_k und $Mr1$ bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 zusammengefasst.



Wie in Tabelle 1 erkennbar, weist diese erste Kolbenbolzenbuchse bei einer Schnitttiefe von 1,800 μm einen Traganteil von 99,5 % auf. Außerdem hat ihre Gleitschichtoberfläche einen Rk-Wert von 0,26 μm und einem Mr1-Wert von 5,9%.

In Figur 1b ist die Schnitttiefe gegen den Traganteil aufgetragen. Aus dieser Verteilung ergibt gemäß EN ISO 13565-2 ein Rk-Wert von 0,26 μm .

In Figur 1c ist die Häufigkeit der einzelnen Unebenheiten aufgetragen. Diese Verteilung weist eine Halbwertsbreite von 0,18 μm auf.

Die durch die Figuren 2a-c und Tabelle 2 beschriebene zweite erfindungsgemäße Kolbenbolzenbuchse wurde durch Plateauhohnen endbearbeitet. Bei einer Schnitttiefe von nur 0,45 μm weist sie bereits einen Traganteil von 99,7 % auf. Ein Traganteil von 100 % wird bereits bei einer Schnitttiefe von 0,75 μm erreicht. Der Rk-Wert ist mit 0,11 μm viel geringer als bei der ersten Kolbenbolzenbuchse. Der Mr1-Wert ist mit 6,9 % hingegen höher. Die Halbwertsbreite der Häufigkeitsverteilung beträgt 0,08 μm und ist damit weitaus geringer als bei der ersten Kolbenbuchse. Es hat sich gezeigt, daß diese zweite Kolbenbuchse auch für den Einsatz bei höchsten Lasten optimal geeignet ist.

Zum Vergleich sind in den Figuren 3a, b und c sowie in Tabelle 3 die Messwerte für eine herkömmliche Kolbenbolzenbuchse dargestellt. Bei einer Schnitttiefe von 0,450 μm beträgt der Traganteil erst 4,7 %, bei einer Schnitttiefe von 0,900 μm 68,7 %, bei einer Schnitttiefe von 1,200 μm 90,0 % und bei einer Schnitttiefe von 1,800 μm 96,2 %. Erst bei einer Schnitttiefe von 2,400 μm wird die 99%-Grenze beim Traganteil überschritten. Der Rk-Wert ist mit 0,52 μm doppelt so groß wie bei der ersten erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchse. Der Mr1-Wert ist mit

9,9 % viel höher als bei beiden erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchsen. Die Halbwertsbreite der Rauigkeits-Häufigkeitsverteilung ist mit $0,66\text{ }\mu\text{m}$ sogar mehr als 3-mal so groß wie bei der ersten erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchse.

In den Figuren 4a und 4b sind Rasterelektronenmikroskopaufnahmen einer erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchse (Figur 4a) und einer herkömmlichen Kolbenbolzenbuchse (Figur 4b) dargestellt. Die Oberfläche der Gleitschicht der erfindungsgemäßen Kolbenbolzenbuchse wurde durch Plateauhohnen endbearbeitet, so dass sich eine Oberfläche sehr geringer Rauigkeit mit hohem Traganteil schon in geringer Schnitttiefe ergibt. Die Oberfläche der Gleitschicht der herkömmlichen Kolbenbolzenbuchse hingegen wurde durch grobes Hohnen bearbeitet. Dies führt zu einem ausgeprägtem Streifenmuster, das sehr große Rauigkeiten aufweist. Diese führen insbesondere beim Einsatz der Kolbenbolzenbuchse in hochbelasteten Motoren zum Einfressen beim Einlaufvorgang.

Tabelle 1: $R_k = 0,26 \mu\text{m}$, $Mr_1 = 5,9 \%$

Schnitttiefe	Traganteil
0,150 μm	14,6 %
0,300 μm	64,6 %
0,450 μm	85,3 %
0,600 μm	91,4 %
0,750 μm	93,7 %
0,900 μm	95,2 %
1,050 μm	96,2 %
1,200 μm	97,0 %
1,350 μm	97,8 %
1,500 μm	98,5 %
1,650 μm	99,1 %
1,800 μm	99,5 %
1,950 μm	99,8 %
2,100 μm	100,0 %
2,250 μm	100,0 %
2,400 μm	100,0 %
2,550 μm	100,0 %
2,700 μm	100,0 %
2,850 μm	100,0 %
3,000 μm	100,0 %

Tabelle 2: $R_k = 0,11 \mu\text{m}$, $Mr1 = 6,9 \%$

Schnitttiefe	Traganteil
0,150 μm	73,4 %
0,300 μm	99,2%
0,450 μm	99,7 %
0,600 μm	99,9 %
0,750 μm	100,0%
0,900 μm	100,0 %
1,050 μm	100,0 %
1,200 μm	100,0 %
1,350 μm	100,0 %
1,500 μm	100,0 %
1,650 μm	100,0 %
1,800 μm	100,0 %
1,950 μm	100,0 %
2,100 μm	100,0 %
2,250 μm	100,0 %
2,400 μm	100,0 %
2,550 μm	100,0 %
2,700 μm	100,0 %
2,850 μm	100,0 %
3,000 μm	100,0 %

Tabelle 3: $R_k = 0,52 \mu\text{m}$, $Mr1 = 9,9 \%$

Schnitttiefe	Traganteil
0,150 μm	0,4 %
0,300 μm	1,1 %
0,450 μm	4,7 %
0,600 μm	17,8 %
0,750 μm	43,5 %
0,900 μm	68,7 %
1,050 μm	83,6 %
1,200 μm	90,9 %
1,350 μm	93,2 %
1,500 μm	94,3 %
1,650 μm	95,3 %
1,800 μm	96,2 %
1,950 μm	96,8 %
2,100 μm	97,7 %
2,250 μm	98,4 %
2,400 μm	99,1 %
2,550 μm	99,5 %
2,700 μm	99,7 %
2,850 μm	99,8 %
3,000 μm	99,9 %

Patentansprüche

1. Kolbenbolzenbuchse, **dadurch gekennzeichnet**, daß deren Gleitschichtoberfläche zumindest im Hauptlastbereich, gemessen über den Buchsenquerschnitt in axialer Richtung, folgende Parameterwerte aufweist:
 - in einer Tiefe von maximal 1,800 µm beträgt der Traganteil minimal 99,0%;
 - die Tiefe des Rauigkeitskernprofils beträgt maximal 0,30 µm;
 - der Materialanteil Mr1 des Rauigkeitskernprofils beträgt maximal 8%.
2. Kolbenbolzenbuchse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Materialanteil Mr1 des Rauigkeitskernprofils maximal 7% beträgt.
3. Kolbenbolzenbuchse nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß in einer Tiefe von maximal 0,900 µm der Traganteil minimal 99,0% beträgt.
4. Kolbenbolzenbuchse nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Tiefe des Rauigkeitskernprofils maximal 0,15 µm beträgt.
5. Kolbenbolzenbuchse nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gleitschicht aus einer bleifreien Kupferbasislegierung besteht.
6. Kolbenbolzenbuchse nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gleitschicht aus einer Kupfer-Aluminium-, einer Kupfer-Zink- oder einer Kupfer-Zinn-Zink-Legierung besteht.

7. Kolbenbolzenbuchse nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Häufigkeitsverteilung des Rauigkeitsprofils der Gleitschichttopographie eine Halbwertsbreite von maximal 0,20 μm aufweist.
8. Kolbenbolzenbuchse nach Anspruch 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Häufigkeitsverteilung des Rauigkeitsprofils der Gleitschichttopographie eine Halbwertsbreite von maximal 0,10 μm aufweist.
9. Verfahren zur Herstellung einer Kolbenbolzenbuchse nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gleitschicht der Kolbenbolzenbuchse durch ein Oberflächenbearbeitungsverfahren endbearbeitet wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gleitschicht der Kolbenbolzenbuchse durch Plateauhohnen endbearbeitet wird.

Kolbenbolzenbuchse

Zusammenfassung

Bei Kolbenbolzenbuchsen, die in hochbelasteten Motoren eingesetzt werden, tritt das Problem auf, daß die Kolbenbolzenbuchse insbesondere im mittleren Bereich (bezogen auf die Radialachse der Buchse) beim Einlaufen des Motors zum Einfressen neigt. Erfindungsgemäß wird dieses Problem vermieden, wenn die Gleitschichtoberfläche einer Kolbenbolzenbuchse zumindest im Hauptlastbereich, gemessen über den Buchsenquerschnitt in axialer Richtung, folgende Parameter aufweist:

- in einer Tiefe von maximal $1,800\text{ }\mu\text{m}$ beträgt der Traganteil minimal 99,0%;
- die Tiefe des Rauigkeitskernprofils beträgt maximal $0,30\text{ }\mu\text{m}$;
- der Materialanteil $Mr1$ des Rauigkeitskernprofils beträgt maximal 8%.

Eine erfindungsgemäße Kolbenbolzenbuchse kann erhalten werden, indem die Gleitschicht der Kolbenbolzenbuchse durch ein Oberflächenbearbeitungsverfahren endbearbeitet wird.

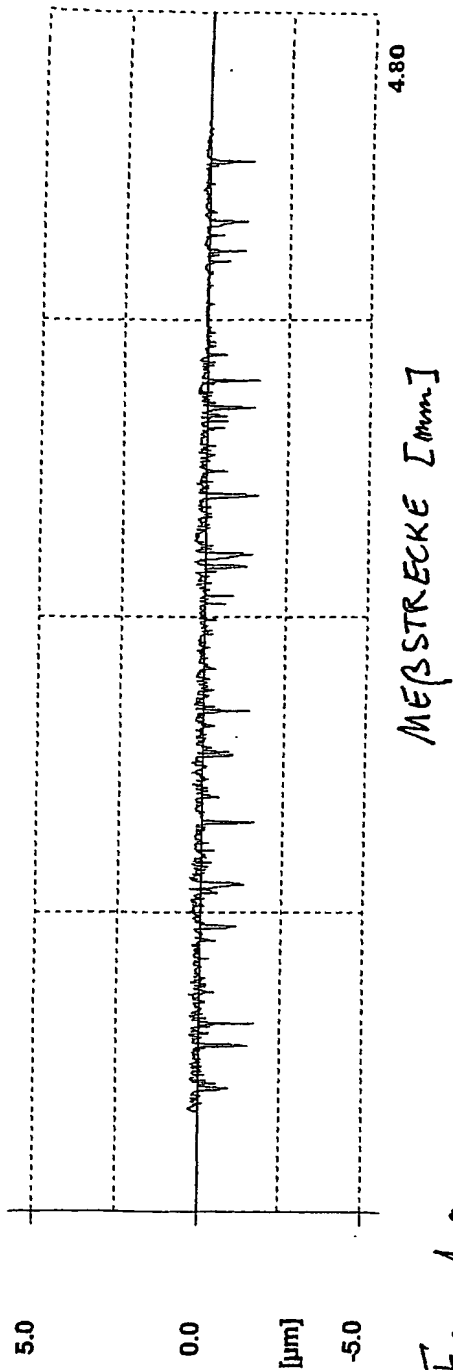


Fig. 1a

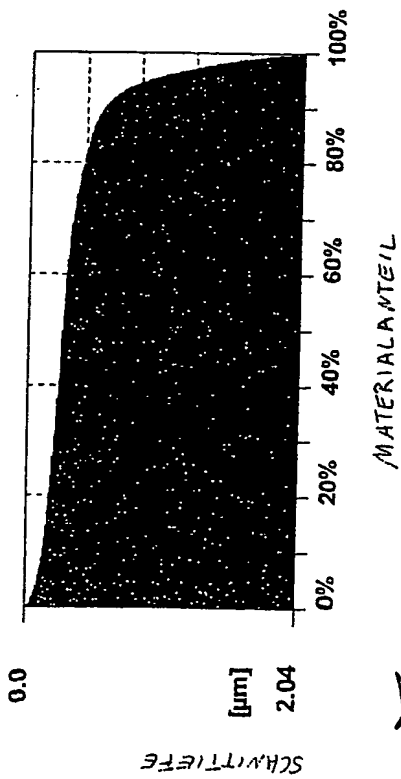


Fig. 1b

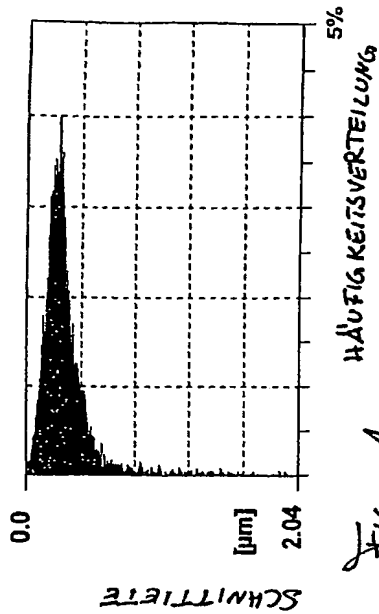


Fig. 1c

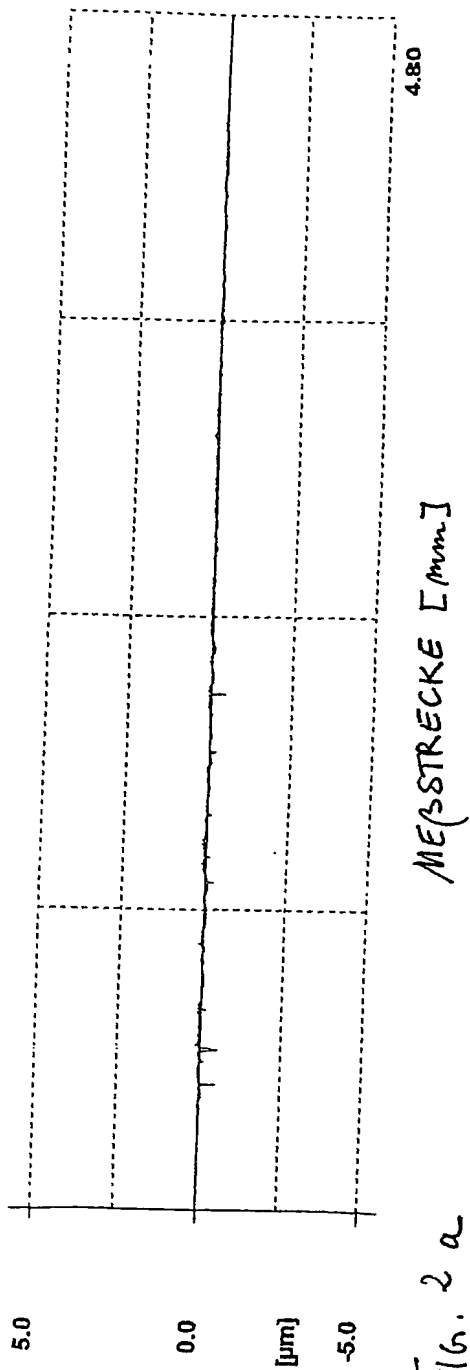


FIG. 2 a

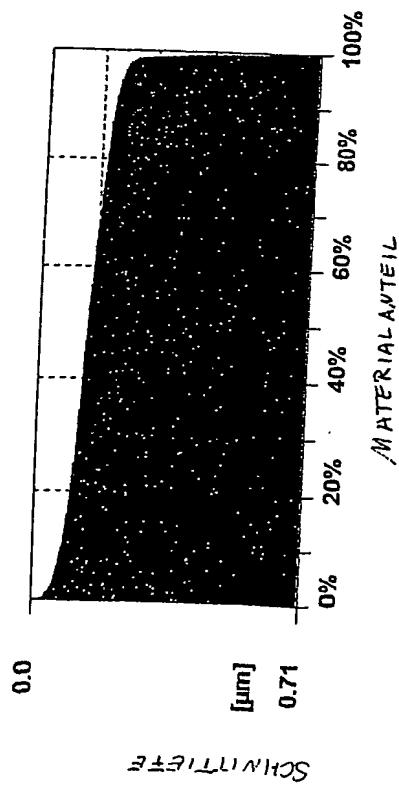


FIG. 2 b

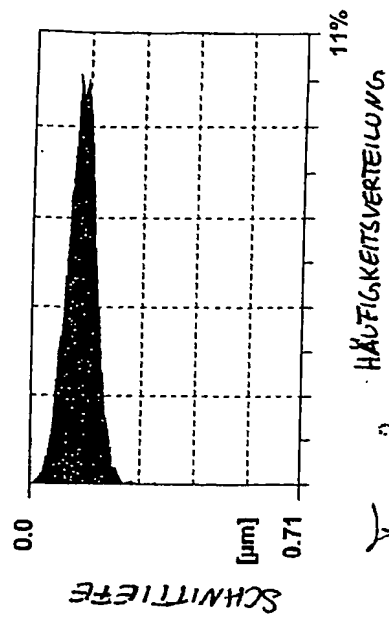


FIG. 2 c

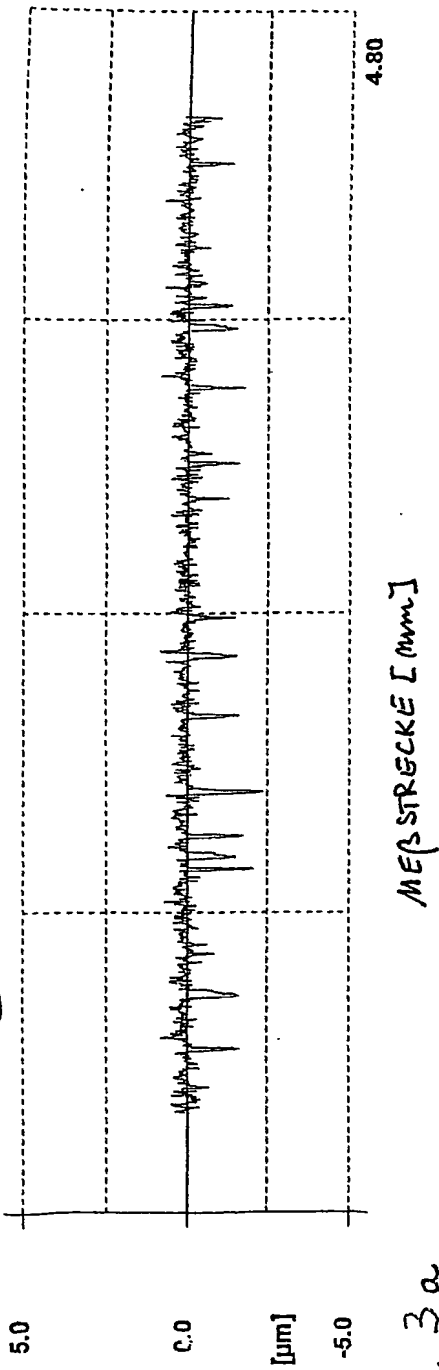


Fig. 3a

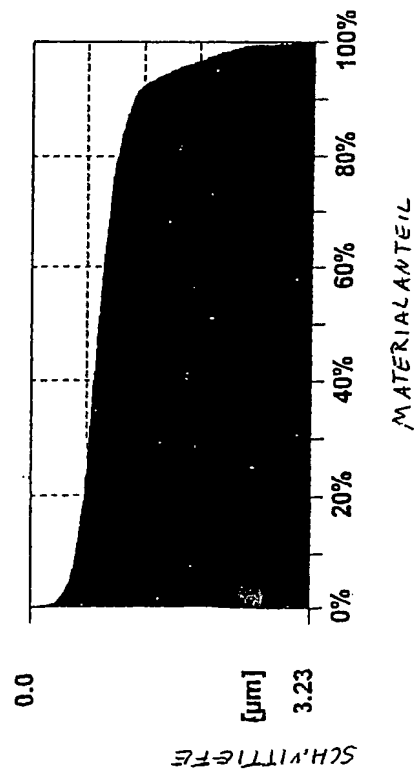


Fig. 3b

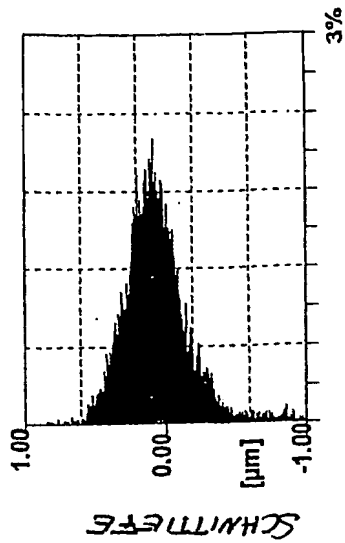


Fig. 3c

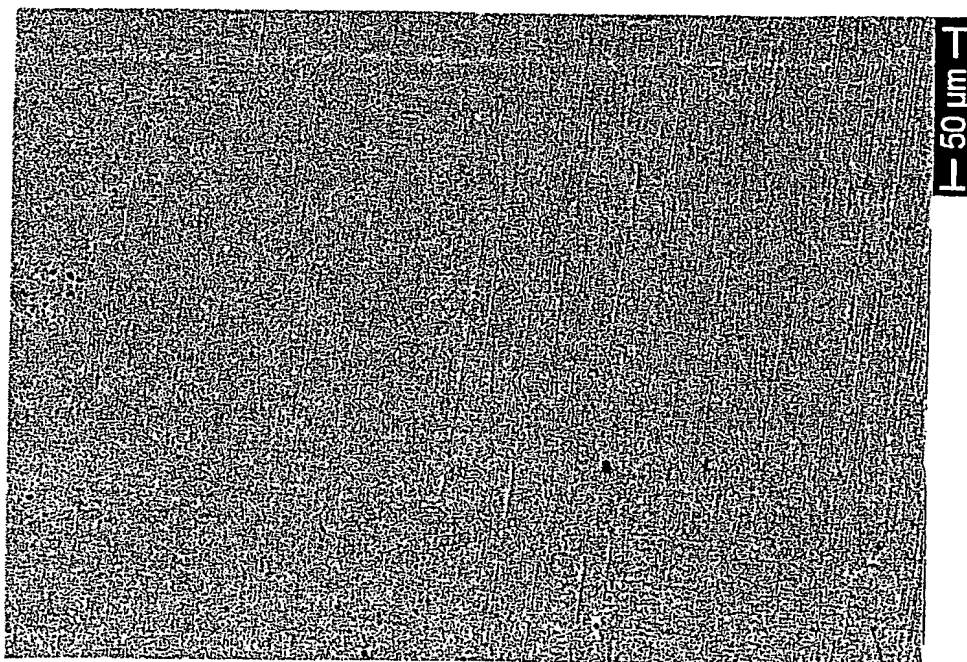


Fig. 4a

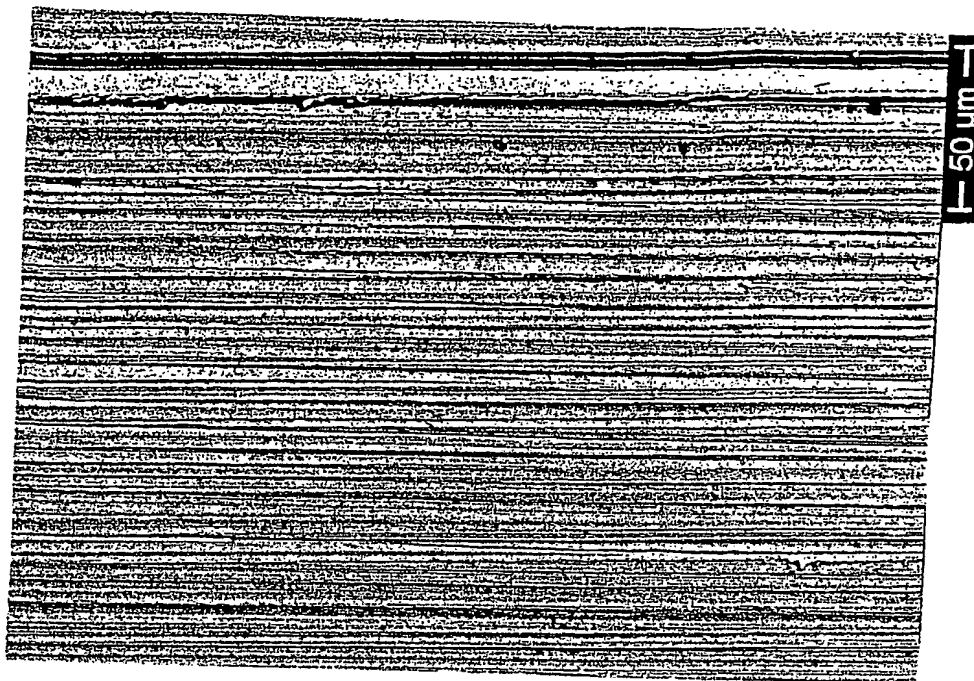


Fig. 4b

00-09-00